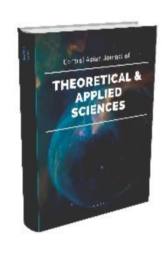


CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES

Volume: 03 Issue: 05 | May 2022 ISSN: 2660-5317

Исследование Взаимного Уноса Фаз В Барботажном Экстракторе С Увеличенным Временем Контакта

Хурсанов Бойкузи Журакузиевич
Ст. Преподаватель, Ферганский Политехнический Институт, Республика Узбекистан, Г. Фергана
b.xursanov@ferpi.uz

Алиматов Баходыр Абдуманнонович
Д-Р Техн. Наук, Проф., Белгородский Государственный Технологический Университет Им. В.Г. Шухова, Рф, Г. Белгород
aba02101949@rambler.ru

Received 24th Mar 2022, Accepted 13th Apr 2022, Online 10th May 2022

Аннотация: *В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению уноса капель тяжелой жидкости при подаче легкой жидкости в зоны смешения многоступенчатого барботажного экстрактора с увеличенным временем контакта фаз.*

Ключевые слова: *зоны смешения, дисперсная фаза, сплошная фаза, унос капель, размер капель, поток легкой жидкости, поток тяжелой жидкости, капли легкой фазы, капли тяжелой жидкости.*

Одной из особенностей работы многоступенчатых смесительно-отстойных барботажных экстракторов является то, что ввиду полидисперсности образующихся в смесительных зонах капель, в зоны смешения вышележащих секций вместе с потоком сплошной (лёгкой) среды уносится часть дисперсной (тяжёлой) фазы,мелкие капли которой будут всегда находиться в верхних слоях жидкости в отстойной части секции. Возможен также унос в нижележащие секции и лёгкой жидкости, которая иногда (при плохих условиях расслаивания)в виде мельчайших капель задерживается в отстоявшемся слое тяжёлой жидкости.

Влияние уноса на общую эффективность смесительно-отстойного каскада изучал Слейхер и для случая взаимного уноса фаз им была получена довольно сложная математическая зависимость [1].Трейбал [2]дляиллюстрации степени влияния уноса фаз на общую эффективность смесительно-отстойного каскада, рассматривал(на основании данных Слейхера)случай экстракции, требующий пятитеоретических ступенейс КПДступенейравных0,9.Им было установлено, что даже значительная величина уноса (18-20 %) оказывает сравнительно небольшое влияние на эффективность смесительно-отстойного экстрактора.

Однако оценка влияния уноса на общее число ступеней не раскрывает его роли в механизме процесса и, следовательно, в методе расчёта количества ступеней экстракции.

В предлагаемых нами конструкциях многоступенчатых барботажных экстракторов в нижележащие секции осуществляется переток полностью отстоявшейся тяжёлой жидкости. В действительности, унос лёгкой жидкости в виде микроэмульсий существует, однако его величинане превышает0,3÷0,4 %.Это было подтверждено иисследованиями при водной и бензольной стадиях экстракции капролактама на лабораторной и на опытно-промышленной установках. Пренебрегая уносом лёгкой жидкости, рассмотрим три смежные ступени барботажного экстрактора, считая их аппаратами идеального смешения (рис.1).

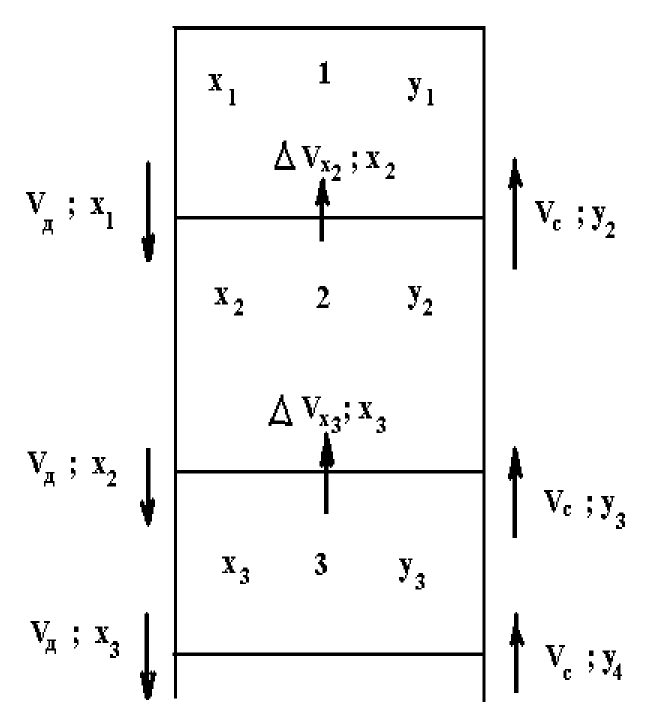


Рис 1.Квыявлениюролиотносительногоуносаприрасчетебарботажногоэкстрактора

Для средней ступени экстрактора уравнение материального баланса запишется в виде:

$$V_Д \cdot x_1 + \Delta V_{X3} \cdot x_3 + V_c \cdot y_3 = V_Д \cdot x_2 + \Delta V_{X2} \cdot x_2 + V_c \cdot y_2 \qquad (1)$$

Поскольку $\Delta V_Д \ll V_Д$ для смежных ступеней можно сделать допущение , что $\Delta V_{x3} = \Delta V_{x2} = \Delta V_x$ Можно также принятьблизкими изменения концентрацийна соседних ступенях , т.е.считать:

$$y_2 - y_3 = y_1 - y_2 \; ; x_2 - x_3 = x_1 - x_2 \qquad (2)$$

При таких условиях группировка членов уравнения (1) приводит к выражению:

$$У = \Delta V_Д / V_Д \left(x_1 - x_2 \right) = V_c / V_Д \left(y_1 - y_2 \right) + У \left(x_1 - x_2 \right)$$
$$tg\alpha = V_Д / V_c \left(1 - У \right) = \left(y_1 - y_2 \right) / \left(x_1 - x_2 \right) \qquad (3)$$

Разделив все члены этого уравнения на$V_Д$и , введя обозначение относительного уноса $У = \Delta V_Д / V_Д$ получим :

$$\left(x_1 - x_2 \right) = V_c / V_Д \left(y_1 - y_2 \right) + У \left(x_1 - x_2 \right) \qquad (4)$$

откуда :

$$tg\alpha = V_{Д} / V_{с}\left(1 - У\right) = \left(y_1 - y_2\right)/\left(x_1 - x_2\right)$$
$$\Delta u_d = u_{П} + u_{ос} \mu_{Д} << \mu_{с} \ \omega_{П} = 10 \ [\ \sigma_{г}(\ \rho_{с} \cdot d_{П}{}^{3})\ ]^{0,5} \ A = d_{П} / 2$$
$$d_{П} = 4 \cdot [\sigma_{г}(\ \rho_{с} \cdot g)]^{0,5} u_{ос} = \omega_{П} \cdot A = 2,5\ (\sigma_{г} \cdot g / \ \rho_{с}\ )^{0,25}$$
$$u_{П} = 1,5\ (\sigma \cdot g \cdot \rho / \rho^{2}{}_{ж})^{0,25} \Delta u_{Д} = 4\ (\sigma_{г} \cdot g \ / \ \rho_{с})^{0,25} \quad (5)$$
$$Р_{с} \cdot u_{Д}{}^{2} / 2 \ \ \sigma \ / d_{к.п} Р_{с} \cdot u_{d}{}^{2} / 2 \geq \sigma / d_{К.П} = 0,0325\ \sigma \ / \ (\sigma_{г} \cdot g \ \cdot \rho_{с})^{0,5}$$
$$F_{уд} = 6 \cdot \varphi / d_{о.п.}; \quad \varphi = V_{Д} \ / \ (V_{с} + V_{Д}) \ \ F_{уд} = 152 \cdot \varphi^{0,72} \cdot \left(\ w_{г} / \sigma^{0,6}\right) \cdot \left(\ \tau \ / \ \gamma_{д}\right)^{1/3} \cdot exp(3,5 \cdot \Delta\rho \ / \ \rho_{с})$$

гдеα – угол наклона рабочих линий процесса в ступени экстрактора.

Из уравнения(5) видно, что величина относительного уноса дисперсной фазы$У$изменяетположение рабочей линии ступени экстракции.Следовательно, унос одной из фаз, аналогично продольному перемешиваниюбудет снижать движущую силу процесса массопередачи, не отражаясь при этом на величине КПД ступени. Это обычно следует учитывать при расчёте многоступенчатого смесительно-отстойного барботажного экстрактора графоаналитическим методом.

Пневмоперемешивание имеет свои специфические особенности, которые в конечном итоге отражаются на структуре образующейся эмульсии.

Такие объёмы жидкости могут находиться только в примыкающих к поверхности осциллирующего газового пузыря областях жидкости. При турбулентном режиме всплытия газовых пузырей и их осцилляции толщина пристенного слоя будет значительно меньше размера капли, устойчивого в ядре потока. Следовательно, в пристенном слое пузыря на каплю будет воздействовать пульсационный поток сплошной среды с максимальной разностью скоростей в масштабе капли:

$$\Delta u_d = u_{П} + u_{ос} \quad (6)$$

где$u_{п}$- скорость всплытия газового пузыря;

$u_{ос}$ – скорость осцилляционного колебания его поверхности.

Для газового пузыряпри $\mu_{Д} << \mu_{с}$ можно получить частоту осцилляции:

$$\omega_{П} = 10 \ [\ \sigma_{г}(\ \rho_{с} \cdot d_{П}{}^{3})\ ]^{0,5} \quad (7)$$

Согласно данным работы [3] , максимальную амплитуду колебаний газового пузыря можно выразитькак $A = d_{П} / 2$, а его средний размер определитьпо выражению :

$$d_{П} = 4 \cdot [\sigma_{г}(\ \rho_{с} \cdot g)]^{0,5} \quad (8)$$

Тогда скорость осцилляции составит :

$$u_{ос} = \omega_{П} \cdot A = 2,5\ (\sigma_{г} \cdot g / \ \rho_{с}\ )^{0,25} \quad (9)$$

При массовом барботаже в пузырьковом режиме образуется полидисперсная система пузырей. В этом случае трудно выбрать расчётный размер газового пузыря, поэтому большинство исследователей [4,5 и др.] рекомендуют для расчёта скорости всплытия пузыря пользоваться уравнением :

$$u_П = 1,5\ (\sigma \cdot g \cdot \rho / \rho^2_{ж})^{0,25} \qquad (10)$$

При подстановке полученных данных , получаем:

$$\Delta u_Д = 4\ (\sigma_г \cdot g\ /\ \rho_c)^{0,25} \qquad (11)$$

Обобщая результаты исследований Чинара и Черча по осцилляционномумеханизму дробления капель до устойчивого размера $d_{К.П.}$ [6] ,можно получить следующую зависимость:

$$Р_c \cdot u_d^{\ 2} / 2 \geq \sigma / d_{К.П.} d_{к.п.} \qquad (12)$$

Или , с учётомвыражения (10) , получаем :

$$d_{К.П} = 0,0325\ \sigma\ /\ (\sigma_г \cdot g\ \cdot\ \rho_c)^{0,5}\ , \qquad (13)$$

Так как, при пневмоперемешивании несмешивающихся жидкостей, немаловажную рольиграет осцилляционный механизм дробления капель и при достаточно длительном времени перемешивания, можно получить достаточно мелкие капли дисперсной фазы.

Теоретическое описание процессов массопереноса в полидисперсной системе капель сопряжено с большими трудностями, поэтому с целью облегчения расчётов большинство исследователей заменяют полидисперсную систему монодисперсной с размером частиц, равным среднему размеру частиц полидисперсной системы. Это позволяет при расчёте коэффициентов массопереноса использовать соотношения, полученные для одиночной капли.

Расчёт удельноймежфазной поверхностиконтакта фаз можно осуществитьпо зависимости:

$$F_{уд} = 6 \cdot \varphi / d_{о.п.}; \quad \varphi = V_Д\ /\ (V_c + V_Д) \qquad (14)$$

гдеφ-объёмная доля дисперсной фазы ;

V_cи$V_Д$-расходы сплошной и дисперснойфаз, м^3 / с;

$d_{о.п.}$ -средний объёмно-поверхностный диаметр капель,м.

Для расчёта удельной поверхности капель, образующихся в барботажной колонне периодического действия [7] было полученоуравнение:

$$F_{уд} = 152 \cdot \varphi^{0,72} \cdot \left(w_г / \sigma^{0,6} \right) \cdot \left(\tau\ /\ \gamma_д \right)^{1/3} \cdot exp(3,5 \cdot \Delta\rho\ /\ \rho_c) \qquad (15)$$

где$\gamma_Д$- кинематическая вязкость дисперсной фазы .

При экспериментальном исследованиимногоступенчатого экстрактора с трубчатой зоной смешения получено [8] следующее уравнение для расчёта удельной межфазной поверхности капель:

$$F_{уд} = 0,8\ [(\tau^{0,33} \cdot w_г^{\ 0,5} \cdot w_ж^{\ 1,7} \cdot l^{0,33} \cdot \gamma_c^{\ 0,67} \cdot \rho_c^{\ 1,1}) / (\gamma_Д \cdot \sigma^{1,1} \cdot d_{тр}^{\ 0,9})] \cdot exp\ [3,9(\rho_c - \rho_д)\ /\ \rho_c] \times$$
$$\text{x}\ [V_Д\ /\ (V_Д + V_c)\ ]^{0,72} \qquad (16)$$

гдеl- длина труб, м;

$d_{тр}$ – диаметр труб , м .

Полученное при исследовании экстрактора с трубчатой циркуляционной зоной смешения жидкостей, т.е.аппарата, близкого к аппарату идеального смешения, уравнение выявляет основные

Volume: 03 Issue: 05 | May 2022, ISSN: 2660-5317

факторы, влияющие на механизм дробления капель, оно может быть применено для разработанногобарботажного экстрактора с регулируемым размером капель, но не может быть строго применено для разработанных многоступенчатых барботажных экстракторов с прямоточным контактом реагирующих жидкостей в зоне смешения.

При исследовании процессов пневмодиспергированияв многоступенчатом барботажном экстракторе, было установлено, что при малом времени пребывания капель в зоне смешения, когда в механизме их дробления существенную роль играет их коалесценция, средний объёмно-поверхностный диаметр капель зависит от объёмной доли дисперсной фазыφи среднего времени дробления$\tau_{ср}$.

Зависимость $F_{уд} = f\left(\varphi^{0,72}\right)$ в уравнении также свидетельствует о влиянии фактора коалесценции капель .

Специальные исследования, проведённые Иваненко [9] показали, что приφ ≤0,1средний объёмно-поверхностный диаметр капель$d_{о.п.}$можно рассчитать по упрошённой зависимости:

$$d_{О.П.} = d_к \cdot exp\left(0,29 К_{др} \cdot \tau_{ср}\right) \qquad (17)$$

Где $d_к$ – размер капель, устойчивых в турбулентном потокесплошнойсреды;

$К_{др}$ – константа скорости дробления капель в пристенных слоях газовых пузырей.

Константа скорости дробления зависит от частоты столкновения капель с газовыми пузырями и может быть рассчитана по уравнению:

$$К_{др} = 1,6\sigma_г^{0,7} \cdot w_г^{0,2} \qquad (18)$$

где$\sigma_г$ – поверхностное натяжение на границе сплошная среда-газ;

$w_г$ – приведённая скорость газа в зоне пневмоперемешивания.

Среднее время пребываниякапель в зоне диспергирования$\tau_{ср}$ можно рассчитать как :

$$\tau_{ср} = H \,/\, (u_с \pm u_Д) \qquad (19)$$

Знак плюс принимается при условии $\rho_Д < \rho_с$, а знак минуспри условии $\rho_Д > \rho_с$.

При этом скорость движения капель дисперсной фазы можно рассчитать поформулеАдамара-Рыбчинского [10,11] :

$$w_Д = [d_{О.П.}^2\left(\rho_с - \rho_Д\right)g] \,/\, 6\,\mu_с \times [\left(\mu_с + \mu_Д\right) \,/\, \left(2\,\mu_с + 3\,\mu_Д\right)] \qquad (20)$$

Руководствуясь вышеизложенными данными о пневмодиспергировании жидкостей, для условий конкретных технологических процессов, зависимость размеров капельот условий диспергированияможно представить в виде:

$$d_к = C \cdot w_г^a \cdot t_{ср}^b \cdot \sigma^c \cdot \mu_с^e \cdot \varphi^f \qquad (21)$$

Выводы. При воздействии на каплю турбулентных пульсаций ядра потока, сдвиговых деформацийиосцилляций всплывающих газовых пузырей, происходит её деление с образованием очень мелких капель. Следовательно, количество этих капель будет зависеть от объёмной доли дисперсной фазы в потокеφ.

Показатели степенейи постоянный множительбыли найдены нами на основании экспериментального определения распределения по размерамвыходящих из смесительной зоны экстрактора капель дисперсной фазы.

Литература

1. АлиматовБ.А.,Соколов В.Н. (1984). Экспериментальное исследование массообмена вмногоступенчатом барботажном экстракторе//Деп. в ОНИИТЭХИМ,г. Черкассы,№229 хп-84 Деп.–7с.
2. Трейбал Р. (1966). Жидкостная экстракция. М.: Химия,724с.
3. Shinar, R., & Church, J. M. (1960). Predicting particle size in agitated dispersion. *Industrial and Engineering Chemistry*, *52*(3), 253-256.
4. Соколов В.Н. (1968).Меткин В.П., Доманский И.В. ЖПХ.т. 41, с. 1029-1036.
5. Соколов В.Н., Решанов А.С. (1961). Межфазная поверхность и относительный объёмкапель при диспергированиииибарботирующим газом. ЖПХ, т. 34, с. 1047-1052.
6. Горбунов А.В., Лосев Б.Д., Левина К.С. (1986). Метод расчета размеров капельдисперсной фазы при струйном истечении из сопла для систем жидкость-жидкость. ЖПХ. 59(5),с.1041-1044.
7. Алиматов Б.А.,Хурсанов Б.Ж. и др. (2001). Исследование распределения капель по размерам в многоступенчатом барботажном экстракторе. *Науч.-техн. журн. Ферг. политехн. ин-та*. № 4. с. 70-73.
8. Соколов В.Н., Меткин В.П., Доманский И.В. (1968). Пневмодиспергирование несмешивающихся жидкостей в трубчатом барботажном экстракторе. ЖПХ, т. 41, с. 1029-1036.
9. Иваненко А.Ю., Соколов В.Н. Средний диаметр капель при диспергировании барботирующим газом. В сб. «Процессы переноса в гетерогенных средах». ОНИИТЭХИМ, г.Черкассы, №174 хп-Д82, с.37-45.
10. Левич В.Г. (1959). Физико-химическая гидродинамика. М.:Физматгиз,699с.
11. Алиматов Б.А.,Хурсанов Б.Ж. (1998). Расчет величиныотстойной зоны барботажного экстрактора. *Науч. техн. журн. Ферг. политехн. ин-та*. Фергана,. 1(2).с.86-89.
12. Патент RU2658053 Многоступенчатый барботажный экстрактор.Б. Алиматов,Б.Хурсанов. 2018 г.
13. Алиматов, Б. А., Соколов, В. Н., &Хурсанов, Б. Ж. (2001). Влияние газосодержания на производительность барботажного экстрактора по тяжелой жидкости. *НТЖФерПИ, Scientific-technical journal (STJ FerPI)*, *2*, 93-94.
14. Karimov, I., Boykuzi, K., & Madaliyev, A. (2021). Volume-Surface Diameters of Drops in Barbotaj Extractor. *International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology*, *1*(5), 94-99.
15. Хурсанов, Б. Ж., &Алиматов, Б. А. (2020). Экстракционное извлечение редких металлов из отвалов ГОК. *Universum: технические науки*, (6-1 (75)), 42-45.
16. Алиматов, Б. А., Соколов, В. Н., Салимов, З. С., &Хурсанов, Б. Ж. (2003). Исследование распределения капель по размерам в многоступенчатом барботажном экстракторе. *Журнал прикладной химии*, *76*(8), 1309-1311.

